Presenza di Alluminio negli alimenti zootecnici: il suo significato.

Introduzione

Dopo aver introdotto il parametro Alluminio nel ns profilo minerali in XRF, abbiamo investigato la sua presenza nei foraggi e negli alimenti completi ad uso zootecnico per le bovine: i dati ne mostrano la rilevanza come indicatore di presenza di terra insieme alle ceneri, ancor più che il ferro e/o il silicio.

Alcune considerazioni

La dotazione fisiologica naturale di alluminio nel tessuto vegetale dei fieni è generalmente molto bassa, compresa tra 10 e 50 mg/kg sulla sostanza secca (anche di più nell'apparato radicale). Nelle piante foraggere, questo elemento non svolge funzioni biologiche essenziali e, grosso modo, non lo riscontriamo oltre i valori indicati (ma nei terreni acidi, con pH < 5,5, le radici lo assorbono naturalmente, accumulandolo soprattutto nelle radici e in minima parte nello stelo*****); esistono alcune piante dette "accumulatrici" come il tè che possono contenerne oltre 1.000 mg/kg.

Tuttavia, nei campioni di fieno i valori di alluminio rilevati sono spesso molto superiori: le nostre indagini su 7208 alimenti zootecnici (vedi Tab 2) mostrano infatti che appena l' 1% o meno dei campioni mostra la concentrazione fisiologica. Ciò è dovuto a una contaminazione accidentale da polvere e terra avvenuta durante la fienagione o insilamento.

Le Ceneri, il Ferro e il Silicio vengono spesso usati come indicatori di presenza di terra:

Le ceneri hanno un'origine endogena, propria del tessuto, e una esogena dovuta alla presenza di terra (o da eventuale integrazione minerale negli unifeed): sono quindi una grande testimonianza di eventuale carico di polvere e suolo nel caso in cui eccedano i valori fisiologici. Il dato delle ceneri, nelle concentrazioni a ridosso del fisiologico, risente però di un errore analitico importante con la spettroscopia NIR, tale da renderlo talvolta poco idoneo ad indicarci la presenza di terra nell'alimento, soprattutto nei valori intermedi (vedi ultima pagina).

La dotazione fisiologica naturale di **Ferro** nei fieni varia tipicamente tra i 50 e i 200 mg per kg di sostanza secca e svolge funzioni biologiche importanti (sintesi della clorofilla, fotosintesi e fissazione dell'azoto). Il ferro può essere assorbito dalla pianta foraggera se il pH del suolo è leggermente acido e questo tipo di terreno non è così infrequente come quello a pH < 5,5. Anche nel caso di elevati tenori di ferro troviamo una spiegazione nella forte presenza di terra nel foraggio.

Il **Silicio** è fisiologico nella pianta, in particolare nelle graminacee, come supporto strutturale: la sua dotazione varia notevolmente nei tessuti e nei terreni ed è spesso abbondante, ma meno biodisponibile per la pianta; pertanto se lo riscontriamo in eccesso supponiamo che derivi da un imbrattamento da terra.

In questo articolo valutiamo la **distribuzione dell'Alluminio** nei principali foraggi/alimenti zootecnici tipici dell'alimentazione bovina.

** questo fenomeno è da tenere in considerazione per quelle colture provenienti da suoli acidi, sciolti, ghiaiosi. Se consideriamo l'intera Pianura Padana agricola, i terreni con pH < 5,5 sono rari e si trovano quasi **esclusivamente nell'alta pianura, vicino al margine alpino**, dove i suoli sono antichi, decarbonatati e sottoposti a forte lisciviazione. Nella media e bassa pianura, invece, prevalgono pH neutri o alcalini.*

I dati

Abbiamo raccolto i dati ottenuti con la tecnica XRF (Fluorescenza a raggi X con strumentazione Puma -Bruker a dispersione di energia ED XRF) su campioni ricevuti nel periodo da Febbraio 2025 a Maggio 2026, considerando gli anni di raccolta e produzione dei foraggi a partire dal 2024 (unifeed esclusi).

Di questi dati abbiamo calcolato la media, il coefficiente di variazione %, la mediana ed inserito anche le ceneri totali come indicatori della quantità totale di minerale presente nell'alimento.

In tabella 1: I dati rilevati di Alluminio (di seguito anche "**Al**") nelle varie tipologie di alimento

Tab 1	N° campioni	Media **Al** mg/kg	Sr[a] +/- **Al**	CV % **Al**	Mediana[b] **Al**	Ceneri %	+/- Sr ceneri
Insilati di Leguminose (in maggior parte di medica)	88	**801**	**942**	**118%**	**455**	**11,0**	**3,2**
Insilati di Graminacee umidità <65% (52,1%)	454	**653**	**747**	**115%**	**424**	**9,0**	**2,3**
Insilati di Graminacee umidità >65% (72,1%)	647	**572**	**583**	**102%**	**364**	**9,0**	**2,2**
Unifeed Asciutta	1356	**443**	**343**	**77%**	**348**	**8,9**	**1,3**
Unifeed Lattazione	1347	**327**	**210**	**64%**	**275**	**8,9**	**1,0**
Fieni di Leguminose (in maggior parte di medica)	371	**426**	**476**	**112%**	**246**	**9,4**	**1,4**
Fieni di Graminacee	2293	**394**	**554**	**141%**	**240**	**7,9**	**1,8**
Silomais	586	**119**	**77**	**64%**	**104**	**4,4**	**0,8**
Pastoni integrali di Mais	66	**29**	**39**	**133%**	**10**	**1,8**	**0,3**

[a] Sr: Scarto tipo o Deviazione standard. [b] La Mediana viene indicata per la notevole variazione in tenore di alluminio: questa media risente meno dei valori estremamente alti o bassi. Tutti i dati in mg/kg sul secco, le ceneri in g/100g sul secco).

Tranne che per gli insilati di leguminose abbiamo a disposizione un numero importante di dati: notiamo che la deviazione standard e il suo CV% correlato sono molto ampi, a significare l'enorme variabilità dei tenori di Alluminio. Ciò nonostante si abbassa circa della metà negli unifeed e nei silomais poiché nei primi si ha l'effetto diluizione e nei secondi incide la tecnica specifica di sfalcio/raccolta. I pastoni di mais sono stati qui inseriti per puro spirito comparativo: il numero di campioni è esiguo ma la tecnica di produzione di questo alimento è decisiva, e in pratica i valori trovati sono realisticamente quelli fisiologici del tessuto vegetale.

La mediana di tutte le categorie (mais escluso) è uguale a **336 mg/Kg** di Alluminio fornendo un'indicazione sommaria del valore medio più diffuso, realistico in questi alimenti.

Nello specifico, ogni alimento presentava la seguente percentuale di distribuzione di alluminio:

Tab 2

	Percentuale di campioni all'incrementare di Alluminio (dati sul secco in mg/kg)							
	< 50	**da 50 a 300**	**da 300 a 500**	**da 500 a 700**	**da 700 a 1000**	**da 1000 a 2000**	**da 2000 a 5000**	**da 5000 a 15000**
Fieni di Graminacee e paglie**	**0,1%**	**62,0%**	**17,8%**	**8,8%**	**4,8%**	**4,7%**	**1,7%**	**0,2%**
Fieni di Leguminose	**0,8%**	**58,0%**	**14,8%**	**10,0%**	**7,3%**	**7,3%**	**1,9%**	**0,0%**
Unifeed Lattazione	**0,0%**	**55,6%**	**30,7%**	**8,8%**	**3,6%**	**1,1%**	**0,2%**	**0,0%**
Unifeed Asciutta	**0,0%**	**38,4%**	**33,8%**	**14,7%**	**7,2%**	**5,1%**	**0,7%**	**0,0%**
Insilati di Graminacee um>65 (media=72,1%)	**0,2%**	**41,0%**	**22,6%**	**11,9%**	**10,7%**	**9,7%**	**4,0%**	**0,0%**
Insilati di Graminacee um<65 (media=52,1%)	**0,2%**	**30,8%**	**24,9%**	**14,5%**	**14,5%**	**10,1%**	**4,4%**	**0,4%**
Insilati di Leguminose	**0,0%**	**30,7%**	**26,1%**	**9,1%**	**11,4%**	**13,6%**	**8,0%**	**1,1%**
Silomais	**14,5%**	**82,6%**	**2,6%**	**0,3%**	**0,0%**	**0,0%**	**0,0%**	**0,0%**
Pastoni integrali di Mais	**81,8%**	**18,2%**	**0,0%**	**0,0%**	**0,0%**	**0,0%**	**0,0%**	**0,0%**

**: sono state differenziate le paglie di frumento dal gruppo delle graminacee ma non si sono osservate variazioni significative tra i gruppi.

Tenuto conto che la **mediana** complessiva (esclusi i mais) è di circa **336 mg/Kg e che il 56-86% dei campioni ha valori < a 500 mg/Kg**, inquadriamo gli stessi dati della precedente tabella secondo la seguente classificazione di cui ne individuiamo già il significato:

Fieni	**Livello riscontrabile di fondo:** da **0** a **500** mg/kg:	**Contaminazione marginale:** da **500** a **1000** mg/kg:	**Presenza significativa di terra:** da **1000** a **15000** mg/kg:
Fieni di Graminacee e paglie*	**80%**	**14%**	**6%**
Fieni di Leguminose	**73%**	**17%**	**9%**

Fieni: Con poche differenze tra le due famiglie vediamo che 7-8 campioni su 10 sono da considerarsi a "Livello riscontrabile di fondo", mentre 1-2 sono in "contaminazione marginale" e meno di 1 su 10 sono in "Presenza significativa di terra". Le leguminose sono mediamente più contaminate da Al delle Graminacee.

Unifeed	Livello riscontrabile di fondo: da **0** a **500** mg/kg:	Contaminazione marginale: da **500** a **1000** mg/kg:	Presenza significativa di terra: da **1000** a **15000** mg/kg:
Unifeed Lattazione	**86%**	**12%**	**1%**
Unifeed Asciutta e Preparto	**72%**	**22%**	**6%**

Unifeed: le lattazioni mostrano che nel 90% dei campioni troviamo valori di "fondo" cioè normali e il resto in "zona marginale", sospetta; le asciutte presentano però più criticità con 2 campioni su 10 in zona di preallarme e il 6% dei campioni con marcata presenza di terra.

Insilati vari (non mais)	Livello riscontrabile di fondo: da **0** a **500** mg/kg:	Contaminazione marginale: da **500** a **1000** mg/kg:	Presenza significativa di terra: da **1000** a **15000** mg/kg:
Insilati di Graminacee con Umidità >65 (media=72,1%)	**64%**	**23%**	**14%**
Insilati di Graminacee con Umidità <65 (media=52,1%)	**56%**	**29%**	**15%**
Insilati di Leguminose	**57%**	**20%**	**23%**

Insilati vari, non mais: questa tipologia di conservazione sembra mostrare le criticità maggiori (rispetto agli altri alimenti): le silomediche sono qui poco rappresentate (88 campioni) ma quasi un quinto dei campioni è classificabile in "Presenza significativa di terra". Nelle Graminacee i pre-appassiti (con sostanza secca maggiore del 35%) sono i più esposti a presenza di Alluminio e quindi di terra; qui un terzo dei campioni è in "Contaminazione marginale" e tra 1 e 2 campioni su 10 presentano valori elevati di Alluminio, gli insilati più umidi hanno un quadro leggermente migliore, in quanto trinciati ed insilati diversamente, come il silomais.

Insilati di mais	Livello riscontrabile di fondo: da **0** a **500** mg/kg:	Contaminazione marginale: da **500** a **1000** mg/kg:	Presenza significativa di terra: da **1000** a **15000** mg/kg:
Silomais	**99,7%**	**0,3%**	**0%**
Pastoni integrali di Mais	**100%**	**0%**	**0%**

Insilati di Mais: nessuna segnalazione da fare visti valori riscontrati se non che nei silomais 3 campioni su mille hanno subito imbrattamento contenuto, presumibilmente nella frazione basale dello stocco.

Conclusioni

Abbiamo visto che Alluminio è presente in modo importante nei vari alimenti zootecnici con una predominanza negli **alimenti insilati** (ma non quelli di mais) e maggiormente in quelli di leguminose; negli unifeed, gli ingredienti dell'asciutta e preparto apportano "più terra" e nei fieni, meno del 10% presentano livelli significativi di suolo. La presenza di Alluminio è legata all'apporto di terra nell'alimento e non alla dotazione fisiologica.

A nostro parere **Alluminio è l'indicatore più sensibile e robusto di presenza di terra (insieme alle ceneri)** rispetto al Ferro e al Silicio (questi ultimi comunque non perdono la loro rilevanza ma hanno un "fondo" maggiore e vanno soppesati solo se presenti in alte concentrazione e se Alluminio è coerentemente alto).

Inoltre, **Alluminio è l'indicatore più sensibile e robusto di presenza di terra delle ceneri NIR** ai livelli intermedi (500-1000 mg/Kg):

abbiamo infatti **correlato le ceneri ad Alluminio** simultaneamente su 2080 campioni di fieni e insilati (con il Coefficiente di Correlazione di Pearson r) dividendoli per range di Alluminio:

Range di Alluminio	% Ceneri +/-Sr	ppm Allumino +/-Sr	N° campioni	Correlazione r
da **0** a **500** mg/kg:	**7,7 +/-1,4**	**232 +/-106**	**1567**	**0,28**
da **500** a **1000** mg/kg:	**8,9 +/-1,7**	**684 +/-135**	**325**	**0,17**
oltre **1000** mg/kg:	**11,7 +/-3,4**	**2081 +/-1407**	**188**	**0,80**

Notiamo che la correlazione più alta è oltre i 1000 ppm di Al: le ceneri NIR sono quindi affidabili (robuste) se alte, (sopra il 10,5-11%) ma diviene bassa e poco utilizzabile nella fascia intermedia (con ceneri tra 9 e 10,5%). Nella fascia sotto i 500 ppm, pur mancando di correlazione, il dato delle ceneri è comunque basso e già ci indica assenza di terra.

Alluminio ha valori fisiologici contenuti nei foraggi, quasi mai è influenzato dall'interazione fisiologica della pianta con il terreno se non per l'apporto fisico di terra; infine non viene mai inserito nella dieta.

Suggeriamo pertanto i seguenti range orientativi di riferimento per l'Alluminio come indicatore di presenza di terra:

Classificazione dei livelli di Alluminio nei foraggi (dati sul secco)	
da **0** a **500** mg/kg:	**Livello riscontrabile di fondo.**
da **500** a **1000** mg/kg:	**Contaminazione marginale: valori di Preallarme.**
oltre **1000** mg/kg:	**Presenza significativa di terra.**

***Note**: il Laboratorio Analisi Zootecniche non fa monitoraggio ma esegue analisi di alimenti su commissione; pertanto i campioni consegnati sono suddivisibili in due categorie spesso da noi non conosciute: la prima dei campioni già sospetti della presenza di terra (che genera una statistica fuorviante); la seconda riguarda quei campioni analizzati in misura preventiva, conoscitiva (statistica di monitoraggio). La nostra statistica quindi fornisce risultati aggregati ma ugualmente significativi. Le indicazioni date sono il frutto di nostre osservazioni e sono pertanto oggetto di revisione, discussione.*

Gonzaga, 08 giugno 2026 Marco Mancinelli